学习材料知识表示形式对数字阅读效果的影响研究*

■ 梁昌豪[1] 张鹏翼[2]
[1] 日本京都大学 京都 606-8501 [2]北京大学信息管理系 北京 100871

摘 要:[目的/意义]从知识组织的角度,探究两种不同组织形式对学习材料阅读效果的影响,对后续阅读材料知识表示的研究和应用提供借鉴。[方法/过程]研究使用组间设计,26个用户分别参加阅读搜索任务和记忆任务的两类阅读测验,通过阅读时间、测验正确题数以及用户的主观偏好来比较二者差异。[结果/结论]实验结果表明,用户在阅读搜索任务中的绩效未表现出显著差异,但在记忆任务中,树状组织形式的阅读效果显著优于传统的线性文段的阅读效果。此外,用户主观偏好评价中树状材料的优点更多,具有逻辑清晰,便于记忆等特点。

关键词:学习材料 知识表示 数字阅读 阅读效果
分类号:G252.0
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2022.08.002

1 引言

电子书具有存储容量大、经济环保、便捷灵活等特点。在数字阅读时代,研究者不断克服其相比与纸质书的不足,并且充分利用数字载体的特点,优化电子书阅读体验和学习效果。人机交互领域研究进一步深入,笔记、书签、模拟翻页等功能不断引入,通过平板电脑以及专门的阅读器模拟阅读纸质书的物理体验逐渐成为现实。近年来,数字化阅读更加普及,电子书阅读已逐渐成为现代人阅读体验的重要组成部分。

互联网技术的迅速发展使得电子课堂、电子教科书等研究领域也得到关注。自主阅读、移动听书等数字阅读方式已经成为人们自我提升和获取新知识的重要途径之一。为满足人们以电子阅读为基础的终生学习、移动学习的需求,各类利用碎片化学习的移动产品层出不穷。然而专业教材、研究论文等知识性较强的学习材料由于难度较大、记忆负担较重等特点,人们的阅读效率较低,难以迅速了解信息。虽然阅读效果很大程度受读者的阅读能力、语言能力等主观因素影响[1],但是学习材料本身的呈现与知识组织形式等客观条件对阅读效果的影响同样值得关注。

知识组织领域对知识表示形式的研究已经较为成熟,而在数字阅读领域,知识表示形式对阅读效果的实证较少。本研究通过用户实验的方法,比较常规的线性文段和树状思维导图两种学习材料组织方式对用户阅读知识性学习材料效果的差异,从而探究通过改变知识表示形式对提高阅读效果的可行性,其创新之处在于整合并拓展知识组织领域和数字阅读领域的研究边界。

2 相关文献综述

2.1 知识表示形式

根据对知识单元间相互关系揭示程度的不同,知识表示一般分为集合或线性结构、树状结构和网(图)状结构3种。

线性知识表示是对知识单元的简单定义与汇集,而在文字阅读材料中,线性组织形式限定于线性排列的文段,一般只能从头一段的开头开始进行阅读加工的呈现形式。段落式文字大都是线性呈现的,线性结构表示组织的信息往往难以较好地加工,导致容易被遗忘。

等级层次结构,也称树状结构。树状结构强调知识单元之间的等级关系或层级聚合,在信息组织领域最典型的应用是图书馆分类法。通过层层分解的等级结构,图书分类体系能将书籍有效地组织起来,便于查找和利用。本体(ontology)是层级等级结构的进一步发展,是"一个概念体系的显式的形式化规范"[2]。本体将概念、实体和关系进行层次组织架构,为智能推理

* 本研究系国家自然科学基金面上项目"在线知识社群中信息行为对群体认知形成的影响研究"(项目编号:72174014)研究成果之一。
作者简介:梁昌豪,博士研究生;张鹏翼,长聘副教授,博士,博士生导师,通信作者,E-mail:pengyi@pku.edu.cn。
收稿日期:2021-07-06 修回日期:2021-12-02 本文起止页码:13-20 本文责任编辑:徐健

和预测等高级功能提供了可能。例如 R. Fikes 提出的基于框架的表示产生[3]。这种以等级层级结构为基础的知识表示形式构成了语义网、面向对象设计等人工智能推理算法的基础。

图结构,或网状结构,与前两种组织形式相比反映的语义关系更多,能够表现知识单元之间等同关系、等级关系、相关关系甚至还有针对相关关系进一步细化后得到的更多语义关系。与树状结构不同,网状结构中结点的联系更加紧密且多向,虽然其易读性较弱但能够更充分反映语义关系。由本体构建出的语义网是人工智能领域不断构建完善知识图谱的体现。认知心理学认为,人脑的认知和记忆单元是以知识地图的网状组织形式构成的,知识地图对于认知过程十分重要[4]。

2.2 电子书设计

2.2.1 物理形式

关于文字的视觉功效研究表明字体类型,笔画宽度和文字大小尺寸,文字信息密度,字间距与行间距及屏幕亮度、对比度等等均会影响阅读的体验。吕胤宣的研究从版面设计的角度指出阅读大量文字内容时读者会产生疲倦感[5]。在字体方面,对于英文字体用户在视觉搜索绩效中虽无显著差异,但主观偏好上更偏爱 Arial 字体[6];对于中文字体而言,用户在面对宋体字时的视觉搜索反应时更快[7]。

电子书常见的内容组织形式包括敲键换新页的分页式、屏幕自动以某一速率整体滑动的滚动式、在屏幕的某个固定区域上一次仅有一个或几个单词依次快速呈现的跑马灯式[8]。研究表明,上述 3 种传统的线性组织形式中,动态的滚动式和跑马灯更易引起读者疲劳,不如分页式的阅读效率高[9],这在自上而下滚动的水平文本中尤为突出[10]。信息密度、排列与布局方式对信息的认知加工效率具有显著影响。信息分栏排列,将各元素安排到栏中能使搜索效率更快[11]。D. D. Suthers 研究协作任务的完成时不但证明了外部信息记录的促进作用,还进一步提出不同记录信息的形式也会对最后完成任务的效果产生影响[12-13]。

结构化排列文本的观点主要集中在网络界面设计领域。用户界面上对于文本的处理已经形成一些固定的设计规则[14],根据文本的内容划分出层级区块,使用户能清晰地辨识出不同意义的文本块。S. Krug 提出文本的可视层次对用户迅速浏览信息的作用[15]。读者在阅读时会潜意识自动化地将材料的视觉层次分解,而这一视觉层次分解过程能够帮助用户预先处理页面,快速对页面内容分类组织,区分优先级。

2.2.2 内容组织

有研究总结了当前电子书的主要内容组织形式:线性组织、超链接组织、多媒体组织以及知识库组织[16]。其中超链接形式是对纸质书的一大突破,通过索引目录和文内链接进而提供了帮助用户定位的导航功能,将电子书的设计引入了材料的语义层面。目前的电子书主要通过导航目录实现超链接,其树状结构的深度最多达到了二级标题,没有对内容的呈现形式以及粒度进行根本性的改变。以超文本为基础的超链接形式从内容层面上改变了内容层面的组织形式,通过链接的形式表示信息之间的关系[17],形成了一种非线性的组织形式[18],用户在阅读时具有更高的自由度与选择性,能够通过链接自由选择阅读层次的深度。

以超文本为基础的内容组织形式的阅读效果如何,已有研究的结论并不一致。S. S. Klois 等对 13 岁儿童的研究表明,在阅读超文本组织形式的说明文章时,儿童能够构建起阅读对象的更丰富的空间模型[19]。张智君等的研究通过限时阅读任务表明,在学习时间受限时,超文本的学习效果优于线性文本,概念间联系的呈现有助于在时间紧迫的条件下迅速整合知识[20]。而在学习时间宽松时,两者无显著差异,这可能是因为当时间压力不大时用户能独立推断和形成各个部分之间的关系。然而这种非线性结构的电子书也存在一定问题,研究表明不断点击链接在页面间跳转会造成读者的认知负荷[21]。同时在层次较多的情况下可能因多次跳转而忘记所属主题[22]。在信息搜索任务下,有研究表明无论是低结构化的材料还是高结构化的材料,采用较底层次(4 层以内)的层次结构的时间显著少于线性文段,但是线性文本的迷路指数更低,读者需要重复浏览的节点更少[23]。

此外,在超文本结构下读者虽然具有较高的信息选择的自由度和交互,但另一方面选择、点击信息等操作需要的认知资源使得其外在认知负荷增加了,加工内容本身的资源减少,反而会造成读者的分心[24]。谢继红等对于元理解判断的研究表明,阅读超文本结构组织的材料会使读者的元理解判断水平降低,即对自我阅读效果自我感觉判断值和实际测验成绩值之间的匹配程度降低,从而不利于对学习节奏的自我调节[25]。针对这些不足,已有研究提出了一些改进方案,例如通过对导航目录显示的物理设计优化使得更

清晰,从而缓解读者的迷失问题[26]。研究发现,对于长文本阅读材料而言,电子阅读在阅读时间和信息查询准确率方面较纸质介质要差[27],但较少研究对比电子阅读中长文本与树状结构的阅读效果差异。

2.3 阅读效果测量

2.3.1 测量指标与任务

当前阅读测量的研究主要集中在教育领域的阅读能力测量方面。最新的数字阅读研究提出了一个全面测量数字阅读体验的框架,其中包括阅读速度、理解准确率、疲劳程度等18项指标[28],在内容理解方面评价阅读效果的标准主要集中在阅读过程的流畅程度及其理解的准确性两个方面。在前文提到的字体类型和尺寸、文字信息密度的影响的研究中,主要采用了视觉搜索任务阅读时间、正确率、主观偏好来衡量阅读的效果。其中时间和正确率为客观指标,主观偏好则为主观指标。

对于实验任务,许多研究侧重于阅读速度以及流畅程度方面,多采用阅读搜索任务,一般会同时将任务分为阅读阶段和测验阶段。例如张智君等的研究使用户在阅读阶段限定不同的时间阅读,再在测验阶段记录使用户重新寻找到测验正确答案所用的时间,探究了内容组织形式与时间应激的交互作用[29]。而在准确性方面的研究常用记忆任务考察阅读效果。例如孙悦亮等的设计中采用了限定时间的阅读记忆任务,让用户在限定时间内阅读,之后收回阅读材料并在限定时间内凭借记忆完成测验题目,从而考察完成的正确率[30]。

2.3.2 阅读材料与测量工具

对于书面材料的学习效果的测量,常用的方法是阅读测验。美国国家教育进展评价(National Assessment of Educational Progress,NAEP)将阅读材料分为3类[31]:①为了获得文学体验的文章(reading for literary experience);②为了获得信息的文章(reading for information);③为了完成某项任务的文章(reading to perform a task)。其中通过阅读获取信息和知识的第二类材料适合本研究的目的。

对于第二类文本的测验,NAEP主要划分为了4个维度:概括能力、分析能力、联想能力以及评价能力,这与国际学生评价(Programme for International Student Assessment,简称PISA)中的阅读素养测评框架划分的获取信息、综合与解读以及反思与评价3个方面是相似的[32]。本研究将以此为指导,对信息类的材料进行阅读测验的编制。

3 研究方法

3.1 实验设计

实验用户为具有一定阅读能力的学生(在校大学生为主),实验采用组间设计,一组用户先进行线性呈现的材料1的阅读搜索任务,再进行树状呈现的材料2的记忆任务。另一组用户相反,以平衡实验顺序对结果的影响。实验均在计算机的电子屏幕上进行。

实验共招募了30名用户(其中26名用户参与了正式的实验,4名用户参与了预实验),用户均来自北京大学,男女性别比为1∶1,年龄分布在18岁至28岁之间,学历水平包含本科生到博士研究生。由于用户的学科、年龄和学历背景同质性较高,未发现上述因素对阅读效果存在显著影响。实验材料主题为"婴儿情绪与情感的发展",为排除先验知识的影响,参加主实验的26名用户对与测试材料相关知识的了解程度均在3(一般)以下,并且对于发展心理学、婴儿心理学相关知识了解程度在2以下。

3.2 变量定义与测量

本实验的自变量为阅读材料的组织形式,分为线性结构和树形层次结构。其中一般线性材料采用Microsoft word文档的页面视图进行呈现;树形的层次文档采用幕布软件进行思维导图的呈现形式。

因变量为读者的阅读效果,主要从以下几个方面进行测量:

(1)阅读时间,即用户报告的材料阅读完成的时间。阅读时间越短,说明其阅读的速度更快。

(2)阅读测验成绩,反映阅读的有效性。测验题目以客观题为主,题目主要分简答信息提取类问题、举例说明问题以及需要结合多处文本综合判断的问题;考虑到时间对正确率的影响以及用户的个体差异,可能存在花更多时间去记忆从而测验效果更好的情形,故使用阅读效率来测量单位时间的正确率,即正确率与阅读所花时间的比值。

(3)用户对两种材料组织形式的主观感受,让用户主观评价对于阅读两种形式组织的材料的学习效果、情绪等,从而进一步挖掘用户阅读时的体验与感受。

3.3 实验材料

3.3.1 电子设备载体

诸多纸质教科书已经开始使用思维导图、章末总结、表格总结等形式将每章分散的内容综合起来,将章节的知识系统化、立体化,并呈现出知识之间的联系。

但由于纸质书页面限制等固有的缺陷,纸质教材中的知识结构图中的结点细化层次不够深入,思维导图与正文内容缺乏即时的链接。而电子书文本的超链接功能正好弥补了这一不足。因此,本研究提出将树状呈现的思维导图形式引入电子教科书的解决方案。

鉴于研究条件有限,实验统一采用笔记本电脑作为阅读实验的设备,同时也控制了电子书硬件方面对阅读效果的影响。线性材料通过 Microsoft Word 的阅读版式进行,树状的结构化材料则采用幕布软件生成的思维导图进行。

3.3.2　内容材料

由于文学作品具有叙述性、主题性、情节的线性发展等特点。而对于学习材料而言,其内容特点更侧重于知识性的论述,对于内化阅读、挖掘主题思想以及悬念推理等需求较小。因此在实验在选用阅读材料时考虑到这一点,选择了知识性较强的心理学材料,属于 NAEP 阅读材料分类中"为获得信息的文章"。

实验所用的内容材料为《婴儿心理学》第八章"婴儿情绪与情感的发展"讲义的部分节选。材料 1(婴儿情绪的发生和发展,共计 2 152 字)用于阅读搜索任务,材料 2(婴儿依恋的发展,共计 2 017 字)用于记忆任务。其中线性文段的呈现形式如图 1,树状思维导图形式见图 2(图中未展开所有层次的节点,但树状结构的最底层节点能够对应到相应的线性文段详述)。

依恋的发展

依恋尽管不是一种独立的情绪，但是却是对婴儿情绪情感发展具有极大影响的社会关系，而且是以情绪情感联结为其主要特征的一种社会关系。

母婴依恋是研究最多的一种依恋关系。但是后来的研究表明，依恋可以是多重的：父婴依恋、祖孙依恋甚至婴儿与保姆间的依恋。依恋是双向性的，除了婴儿对照料者的情绪情感依赖外，照料者也会对婴儿产生情绪和情感的联结。

（一）母婴依恋

研究 1 岁以上婴儿的依恋类型的经典方法是 Ainsworth 的陌生情景范式。这种方法将婴儿的依恋分为安全依恋型（66%）、回避型（12%）和矛盾型（22%）。但是有些婴儿的依恋行为并不完全符合以上三种类型的特征。所以后来的研究又区分出一种新的非安全依恋类型：混乱-迷惑型——这种类型的婴儿存在极大的内心冲突，他们在陌生情境中活动完全停止，有刻板性动作，母亲离开时尖叫不止，但母亲返回时却悄悄溜开；接近母亲时却把头转开……混乱-迷惑型婴儿的母亲通常都受过早期的心理创伤或承受过生活的失败。

安全型可以分为 4 种亚型，回避型和矛盾型分别可以分为 2 种亚型。另一种测量依恋安全性的方法为"依恋 Q 分类"，适用的年龄范围更大。

Bowlby 认为婴儿依恋发展要经历四个阶段：

1.前依恋期：未分化的社会反应。出生-8、12 周期间，婴儿对所有人都喜爱，所有人都能安抚他。

2.依恋初期：分化的社会反应。3-6、8 个月期间，婴儿开始偏好少数几个照料者，这些人能最快地安抚婴儿

3.依恋明朗期：6、8 个月-3 岁期间。婴儿开始特别依恋 1 个人，通常是依恋母亲。

4.目标校正的同伴关系：3、4 岁以后。婴儿认识到他人也有自己的愿望和任务，自己对母亲的依恋有时要让位给母亲的需要。

（二）父婴依恋

研究表明，大多数婴儿形成父婴依恋的时间大致与母婴依恋相同。而且父婴依恋与母婴的类型一般是一样的或相似的。尽管婴儿与父亲互动的时间要少于与母亲互动，但是他们与父母亲的身体接触和寻求安慰的比例是大致相同的

在实验室和自然环境中的分离情境下，婴儿对父婴分离的反应与母婴分离相同。但是大约是在 12-18 个月时，婴儿在应激情况下会更喜欢转向母亲寻求安慰和支持。在应激情况下对母亲的偏好到 24 个月左右时才消失。

父婴依恋和母婴依恋对婴儿能力发展的作用有所不同。对父亲的安全依恋促进了游戏技能的发展，而对母亲的安全依恋则促进了社会互动技能的发展。所以，父婴依恋和母婴依恋对于婴儿发展来说都是重要的

（三）影响依恋关系的因素

亲子互动的特征应该是影响依恋形成的最重要因素：父母亲对婴儿的悦纳、爱与热情、可接近性、反应性与合作性是与安全依恋密切相关的父母亲行为特征。安全依恋的婴儿的母亲更为包容、敏感、善于表达情绪、对婴儿的需要能及时反应；而非安全依恋的婴儿的母亲则反复无常、干涉婴儿的活动、过度刺激或不敏感、忽视婴儿。安全依恋型的母婴关系以同步互动为主，而非安全型依恋的母婴关系则更多是不协调不同步的行为

研究发现，父母亲患重型抑郁的婴儿形成非安全依恋的比例更高。父母亲抑郁影响了他们对婴儿需要的反应性和可接近性，破坏了亲子互动的同步性，这就是抑郁导致非安全依恋的因果链。抑郁的母亲在与婴儿互动时确实是更容易将目光转离婴儿、更容易发怒、更少表示爱与热情、对婴儿更多干涉。婴儿在与抑郁母亲互动时更多出现负性

图 1　线性文段呈现形式

3.3.3　测验题目

测验材料的题目设置一定程度上参照了文献中 PISA 的阅读测验框架(见表 1)。对于阅读搜索任务材料 1 的测验材料共 6 道选择题,每道题 4 个选项。其中 1 – 3 题为简单的信息提取型问题,在材料中能够直接找到相应的内容。4 – 6 题为较难的综合分析,需要比较核对材料多处细节综合判断。

记忆任务的材料 2 共计 7 题(见表 2),1 – 5 题为材料中明显出现内容的单项选择题,其中 1 – 4 题考察材料中比较大的要点,5 题考察某一知识结点下的细节。6 – 7 题为简答题,6 题需要举例说明,考察对材料理解深度,根据举例的充分性进行 0 – 3 的评分。而 7 题列举异同考察对材料记忆覆盖的广度,根据回答要点覆盖的个数进行 0 – 7 评分。

4　研究结果

4.1　阅读搜索任务

在阅读搜索任务中,用户需要根据题目在材料中寻找相关信息。结果表明,线性材料组用户与树状材料组用户在完成时间与 3 类题目的正确题数两个指标的表现均无显著差异。两种材料的完成时间均在 7 分钟左右,但标准差较大。均值上看,线性材料组与树状材料组相比用时略少,但未达到显著性标准($t = -0.237$, $sig = 0.815$)。见表 3。



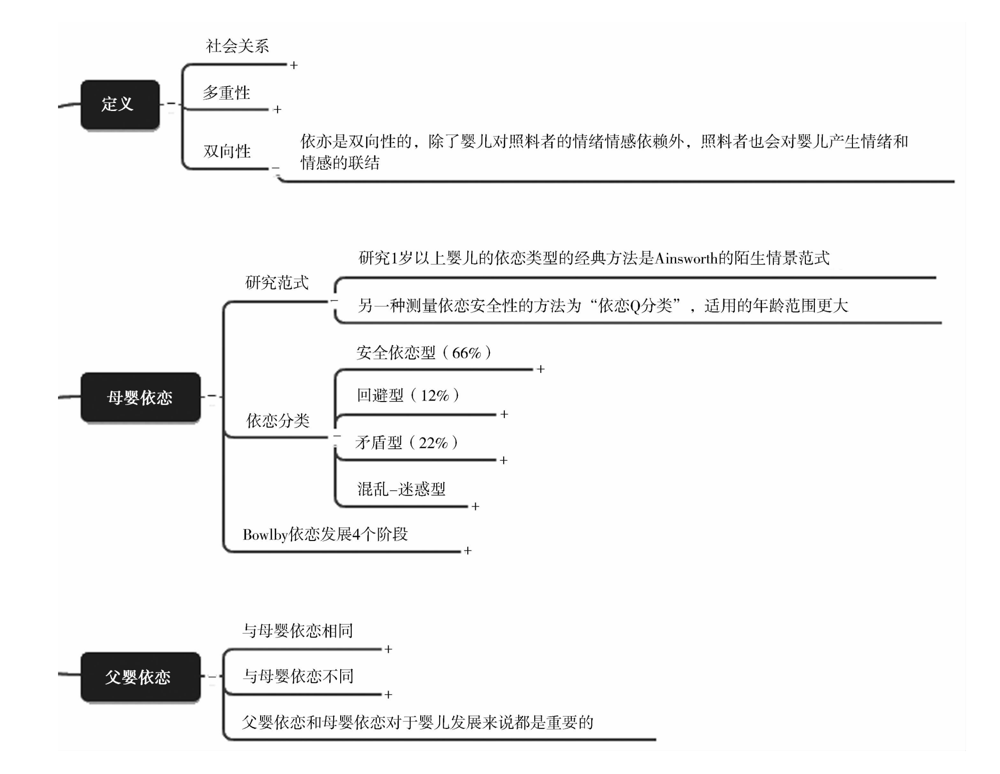


图 2　树状思维导图呈现形式

表 1　阅读搜索任务题型说明

题号	题型	测量维度
1、2、3	单项选择	信息提取
4、5、6	单项选择	综合分析

表 2　记忆任务题型说明

题号	题型	测量维度
2、3、4、5	单项选择	细节选择
6	简答题	举例说明
7	简答题	列举异同

表 3　阅读搜索任务用时

因变量	材料类型	均值	标准差
总用时(秒／分)	线性	429.62s／7.16min	97.786
	树状	439.92s／7.33min	122.456

在用户主观判断的两个指标中，难度（t＝0.573，sig＝0.572）线性材料难度略高但无显著差异，而完成满意度（t＝－0.661，sig＝0.515）评价同样均无显着差异，树状材料组的用户主观满意度略高一些。对于正确题数而言，简单的信息提取型（1－3 题）中，两种材料的正确题目数差异未达到显著性标准（t＝1.477，sig＝0.165）。综合分析问题（4－6 题）均值相等，未发现差异。总的正确题数上线性材料表现略好，但无统计显著性（t＝0.49，sig＝0.629）。对于单位时间的阅读效率，结果表明虽然用户对线性材料的阅读效率更高，但并无统计显著性（t＝0.289，sig＝0.775）。如表 4 所示：

表 4　阅读搜索任务测验结果

因变量		材料类型	均值	标准差
阅读得分	信息提取	线性	3.00	.000
		树状	2.85	.376
	综合分析	线性	2.38	.65
		树状	2.38	.768
	合计	线性	5.38	.650
		树状	5.23	.927
阅读效率(正确题数/总时间)		线性	.0135	.004 85
		树状	.0129	.004 52

在实验过程中，有一位用户（26 号用户）使用树状材料完成阅读信息查找任务时，不点开无关主题，只展开相关主题的子树，利用自身知识结构进行选择性浏览和知识点定位，体现了树状结构的层次组织的作用。

4.2　记忆任务

记忆任务同样分为完成时间与正确率两个维度，实验结果见表 5。在阅读阶段，线性材料组略快于树状材料组，而测验阶段，线性材料组慢于树状材料组一分钟以上，但均差异未达到显著性标准（t＝－0.426，sig＝0.671；t＝1.531，sig＝0.139）。所花总时间上，线性材料组略快于树状材料组，未达到显著性标准（t＝0.496，sig＝0.624）。无论是各阶段所用时间还是总用

时的标准差均较大，说明该指标的用户个体差异较大。

表5　记忆任务用时

因变量	材料类型	均值	标准差
阅读阶段用时（秒／分）	线性	507.46s/8.45min	215.009
	树状	538.23/8.97min	147.007
测验阶段用时（秒／分）	线性	384.69/6.41min	162.112
	树状	303.92/5.07min	99.620
总用时（秒／分）	线性	892.15/14.87min	298.822
	树状	842.15/14.04min	206.566

对于用户自我的难度和完成满意度评价，用户主观感觉的量表中，树状材料比线性材料难度更大（t = -0.685，sig = 0.5），满意度更低（t = 1.608，sig = 0.121），但均并未达到显著差异。

阅读正确率得分的描述统计见表6。从均值上看，树状材料正确率更高，5道细节选择题的正确题数差异达到显著标准（t = -2.528，sig = 0.022），树状材料的正确率更高。举例说明题树状材料得分更高，但未达到显著性标准（t = -1.148，sig = 0.169）。列举不同树状材料得分更高，但未达到显著性标准（t = -1.816，sig = 0.82）。对所有题目的总成绩而言，树状材料得分更高，并且差异具有统计显著性（t = -2.655，sig = 0.014）。

对于单位时间的阅读效率，树状材料的阅读效率高于线性材料，Leven检验中，F = 0.663，sig = 0.423，α = 0.05，符合方差同质性假设。结果表明两组差异显著（t = -3.426，sig = 0.003，α = 0.05）。说明在控制了受用户阅读习惯影响的阅读时间后，在记忆任务中采用树状的思维导图呈现形式确实能使记忆的要点更清晰准确。

表6　记忆任务测验结果

因变量		材料类型	均值	标准差
阅读得分	*细节选择	线性	3.54	1.391
		树状	4.62	.650
	举例说明	线性	1.77	1.235
		树状	2.38	.961
	列举不同	线性	2.46	1.050
		树状	3.38	1.502
	*合计	线性	7.769 2	2.650 59
		树状	10.384 6	2.364 26
*阅读效率（得分/总时间）		线性	.0090	.002 57
		树状	.0127	.003 23

*表示在α = 0.05水平下显著，**表示在α = 0.01水平下显著

在实验进行过程中还发现，在进行使用线性文段的记忆任务时，有少数用户（8号、10号）采用了自带的高亮标记功能，观察标记的顺序发现用户的确是按照线性加工的假设逐行逐字阅读，类似计算机对线性表的线性处理过程。但是从结果看，使用高亮标记的用户的正确率并无显著提高。

4.3　主观偏好

为了更全面地了解用户两种呈现形式下阅读的体验，实验最后调研了用户对于两种呈现形式的主观偏好，从而总结两种学习材料组织形式在用户主观感受上的差异。

对树状材料而言，用户提到的优点远多于缺点。提到的最多的优点是清晰直观与逻辑条理。此外，方便记忆、简明、重点突出也被提到。而缺点在于复杂、不流畅等互操作的不便上，用户也反映虽然树状结构逻辑清晰，但缺乏吸引其阅读的吸引力。

与对树状材料的评价相反，由于用户对传统的线性组织形式更加熟悉，用户反映进行线性文本的传统的阅读方式具有更加轻松容易、操作简单，具有更加流畅有趣的话语形式等优点。然而也普遍表示在内容层面上难以抓住重点，条理不够清晰，阅读效率低下且难以记忆，阅读时间也更长。

5　结论与展望

5.1　结论与讨论

本研究通过用户实验对比了学习材料的线性组织形式和树状组织形式在数字阅读中的信息搜索任务和记忆任务的表现差异。本研究发现，阅读搜索任务中，两种学习材料组织形式下用户所用时间和阅读效率均无显着差异。而以往研究发现对于信息搜索和定位任务，线性文本的表现更好，树状超文本的表现介于线性文本和非线性文本之间[33]。但考虑到本实验中Word分栏阅读展示、测验材料长度以及结构化程度的影响，该结论具有一定的局限性，用户在进行阅读搜索任务时并没有像预期一样，从头开始线性地加工文本。

记忆任务中，本研究发现树状材料在细节准确率和阅读效率方面显著地好于线性材料。说明在思维导图形式下，电子书的客观阅读效果更好。这一发现与已有研究的结论较为一致，例如已有研究发现，对于先验知识水平比较低的用户，树状结构提高了阅读理解的水平，帮助用户更有效地阅读[34]。然而仍有部分初次接触树状阅读方式的用户主观体验上存在不适应，主观体验上对常见的线性文段感到更熟悉和亲切，而对新的形式需要对操作以及交互方式进一步学习才能充分适应。

本研究的结果对于学习材料的设计和应用有一定借鉴意义,特别是目前在线学习越来越普遍,基于电子介质如网页和电子书的学习材料在在线课程中得到广泛应用,例如可以针对在线课程和学习者的知识背景,设计树状超链概念地图,以引导阅读和学习的效果[35]。

5.2 研究局限与展望

受限于实验原型的交互方式,部分用户倾向于不断点击各级主题标签,使阅读过程在不同页面间反复切换,容易形成超文本的认知负荷和迷路;而直接在原树的界面上对整个树进行伸缩则更能保持定位信息。这一不同的使用方式使得用户的体验和主观评价有所差异。

两种材料呈现时对于物理形式的控制并不够,对于字体、间距等因素都没有进行严格的控制。测验材料的选取以及测验题目的信效度上具有一定问题。测验材料,特别是阅读搜索任务中材料的选取上不太理想。原因是材料本身较短,段落也较短且结构化程度较高,因此两种呈现形式的阅读效果未得出明显差异。

本研究通过用户实验发现树状材料在记忆任务中有更好的阅读效果,但未阐明该现象背后的原理。未来研究可以应用眼动跟踪技术,实时记录视觉感知且不会干扰阅读过程,眼动的路径有可能阐明两种材料下阅读差异的原因。

以往研究发现,有一定知识背景的用户能够有效地阅读线性文本,而对于缺少背景知识的用户,树状结构较为精炼,阅读的效率更高,但材料吸引力不足。由于本研究控制用户为非心理学背景,用户材料背景知识熟悉程度的影响值得进一步研究。在应用方面,可以基于本研究的结果进一步探索学习材料组织形式的改进需求,并细化用户群体有针对性地设计出相应的新型电子书。

参考文献:

[1] BLOM H, SEGERS E, KNOORS H, et al. Comprehension and navigation of networked hypertexts[J]. Journal of computer assisted learning, 2018, 34 (3): 306－314.

[2] STUDER R, BENJAMINS V R, FENSEL D. Knowledge engineering: principles and methods[J]. Data & knowledge engineering, 1998, 25(1/2): 161－197.

[3] FIKES R. The role of frame-based representation in reasoning[J]. Cacm, 1985, 28(9):904－920.

[4] O'DONNELL A M, DANSEREAU D F, HALL R H. Knowledge maps as scaffolds for cognitive processing[J]. Educational psychology review, 2002, 14 (1): 71－86.

[5] 吕胤宣. 电子书版式设计对受众阅读心理影响的研究[D]. 沈阳:沈阳师范大学, 2014.

[6] BERNARD M L, CHAPARRO B S, MILLS M M, et al. Comparing the effects of text size and format on the readability of computer-displayed times new roman and arial text[J]. International journal of human-computer studies, 2003, 59(6): 823－835.

[7] 宫殿坤, 郝春东, 王殿春. 字体特征与搜索方式对视觉搜索反应时的影响[J]. 心理科学, 2009(5):1142－1145.

[8] 朱海. VDT 文本阅读工效及其影响因素[J]. 人类工效学, 1996(2):53－56.

[9] KOLERS P A, DUCHNICKY R L, FERGUSON D C. Eye movement measurement of readability of CRT displays[J]. Human factors the journal of the human factors & ergonomics society, 1981, 23(5):517－527.

[10] HWANG S L, WANG M Y, HER C C. An experimental study of Chinese information displays on VDTs[J]. Human factors, 1988, 30(4): 461－471.

[11] TULLIS T S. The formatting of numeric displays: a review and analysis[J]. Human factors, 1983, 25(6): 657－682.

[12] SUTHERS D D. Effects of alternate representations of evidential relations on collaborative learning discourse [C]// Proceedings of the computer support for collaborative learning 1999 Conference. Palo Alto, CA: International Society of the Learning Sciences, 1999:611－621.

[13] SUTHERS D D. Towards a systematic study of representational guidance for collaborative learning discourse [J]. Journal of universal computer science, 2001, 7(7):254－277.

[14] KOMISCHKE T. Text treatment and the user interface [EB/OL]. [2021－12－01]. https://www.uxmatters.com/mt/archives/2009/01/text-treatment-and-the-user-interface.php.

[15] KRUG S. 点石成金: 访客至上的 Web 和移动可用性设计秘笈[M]. 蒋芳,译. 北京:机械工业出版社, 2015.

[16] 杜建华. 电子书信息组织模式研究[D]. 北京:北京印刷学院, 2014.

[17] CHAKRABARTI S. Mining the Web: discovering knowledge from hypertext data[M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2002.

[18] KHALIFA M, LAM R. Web-based learning: effects on learning process and outcome[J]. IEEE transactions on education, 2002, 45(4): 350－356.

[19] KLOIS S S, SEGERS E, VERHOEVEN L. How hypertext fosters children's knowledge acquisition: the roles of text structure and graphical overview[J]. Computers in human behavior, 2013, 29(5): 2047－2057.

[20] 张智君,江程铭,任衍具,等. 信息呈现方式、时间压力和认知风格对网上学习的影响[J]. 浙江大学学报(理学版),2004(2): 228－231.

[21] NIEDERHAUSER D S, REYNOLDS R E, SALMEN D J, et al. The influence of cognitive load on learning from hypertext [J]. Journal of educational computing research, 2000, 23 (3): 237

-255.
[22] 张智君. 超文本阅读中的迷路问题及其心理学研究[J]. 心理科学进展, 2001, 9(2):102-106.
[23] 张智君, 沈昉, 朱伟,等. 文本组织和结构化水平对中文信息搜索的影响[J]. 心理科学, 2005, 28(2):368-370.
[24] DESTEFANO D, LEFEVRE J A. Cognitive load in hypertext reading: a review[J]. Computers in human behavior, 2007, 23(3): 1616-1641.
[25] 谢继红, 刘华山, 吴鹏. 超文本与线性文本中元理解判断的比较[J]. 心理学探新, 2018, 38(1): 49-54.
[26] WALHOUT J, BRAND-GRUWEL S, JARODZKA H, et al. Learning and navigating in hypertext: navigational support by hierarchical menu or tag cloud? [J]. Computers in human behavior, 2015, 46(2015):218-227.
[27] MANGEN A, OLIVIER G, VELAY J-L. Comparing comprehension of a long text read in print book and on Kindle: where in the text and when in the story? [J/OL]. Frontiers in psychology, 2019, 10(38):1-11. [2021-11-21]. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02014788/document.
[28] COIRO J. Toward a multifaceted heuristic of digital reading to inform assessment, research, practice, and policy[J]. Reading research quarterly, 2021, 56(1): 9-31.
[29] 张智君, 韩淼, 朱祖祥,等. 文本结构和时间应激对网页阅读绩效的影响[J]. 心理科学, 2002, 25(4):422-424.
[30] 孙悦亮, 肖崇好. 限定阅读时间条件下文本呈现方式对阅读效果的影响[J]. 心理与行为研究, 2006(4):297-300.
[31] SABATINI J, WANG Z, O'REILLY T. Relating reading comprehension to oral reading performance in the NAEP fourth - grade special study of oral reading[J]. Reading research quarterly, 2019, 54 (2): 253-271.
[32] 陈康. PISA阅读素养测评内容领域的解析及其启示[J]. 中国考试, 2014(10):56-60.
[33] MCDONALD S, STEVENSON R J. Disorientation in hypertext: the effects of three text structures on navigation performance[J]. Applied ergonomics, 1996, 27(1): 61-68.
[34] AMADIEU F, TRICOT A, MARINE C. Interaction between prior knowledge and concept-map structure on hypertext comprehension, coherence of reading orders and disorientation[J]. Interacting with computers, 2010, 22(2): 88-97.
[35] CHANG K E, SUNG Y T, CHIOU S K. Use of hierarchical hyper concept map in Web-based courses[J]. Journal of educational computing research, 2002, 27(4): 335-353.

作者贡献说明:
梁昌豪:开展实验、分析数据、论文初稿撰写;
张鹏翼:研究设计、论文修改。

Research on the Effect of Knowledge Representation Forms of Learning Materials on Digital Reading

Liang Changhao[1] Zhang Pengyi[2]
[1] Kyoto University, Kyoto 606-8501
[2] Department of Information Management, Peking University, Beijing 100871

Abstract: [Purpose/Significance] From the perspective of knowledge organization, this study explores the influence of two different organization forms on the reading effect of learning materials, and provides references for the research and application of knowledge representation in subsequent reading materials. [Method/Process] Using a between-group experiment design, 26 subjects participated two types of reading tests, a reading search task and a memory task, respectively. The differences were compared by reading time, the number of correct questions and subjective preference of subjects. [Result/Conclusion] The results show that there is no significant difference in the performance of the subjects in the search task, but in the memory task, the reading effect of tree-structure organization form is significantly better than traditional linear paragraphs. In addition, the merits of the tree-structured materials in the evaluation of subjects' subjective preferences are more, such as clear logic, easy to remember, and so on.

Keywords: learning materials knowledge representation digital reading reading effect